Transactions of KSAE, Vol. 27, No. 9, pp.709-713 (September, 2019)

Check for updates

Copyright © 2019 KSAE / 166-05
pISSN 1225-6382 / eISSN 2234-0149
DOI http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2019.27.9.709

로지스틱 회귀분석 기반 시트 오염의 정량적 평가 기술 개발

이 백 희* · 곽 민 혁

현대자동차 바디시험팀

Development of a Seat Stains Quantification Method Based on Logistic Regression

Baekhee Lee* • Minhyuk Kwak

Body Test Team 3, Hyundai Motor Company, 150 Hyundaiyeonguso-ro, Namyang-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi 18280, Korea

(Received 14 June 2019 / Revised 10 July 2019 / Accepted 10 July 2019)

Abstract : In the present study, logistic regression models were developed for distinguishing seat stain degrees. Seat stains have been qualitatively evaluated by a tester using a gray scale(G/S) chart(1 ~ 5 points); however, the quantification of the seat stains is deemed necessary due to inter-tester variability(e.g., visual acuity) and intra-tester variability(e.g., condition). In order to quantify a seat stain degree, a seat stain machine was developed while taking into account the real ingress/egress conditions. There were 8 leather and 34 fabric seats selected for the full coverage of Lab color space in seat color dimensions. These were contaminated by using a soil cloth(E128) and measured by color difference(ΔE) using a color difference meter. There were 96 ordinal logistic regression(logit) model candidates developed, and then the optimal models for leather and fabric seats were selected while taking into account the discriminability for 3.5 ~ 4.5 of G/S and %concordant(leather: 95.2 %, fabric: 96.7 %). Logistic discriminant methods established in the study may contribute to the future quantification of seat stain.

Key words : Seat(시트), Stain(오염), Stain resistance test(오염 제거 시험), Soiled fabric(오염포), Logistic regression(로지스틱 회귀식), Logit model(로짓 모형)

Subscripts

G/S : gray scale

1. 서 론

자동차 시트의 소음, 오염, 변색과 같은 감성내구 문제는 다양하게 발생하는데 특히 시트의 내구오염성은 신차품질조사(Initial Quality Study, IQS)와 내구품질조사(Vehicle Dependability Study, VDS) 평가에서 상위권의 개선 사항으로 나타나 시트의 내구오염성(예: 3년 사용 후 오염 정도)을 정확하게 평가하고 평가 기준을 수립하는 것이 중요하다.[1,2] 기존 시트 오염의 시험(Seat resistance test)은 오염 물질에 의해 우발적으로 발생된 오염 현상에 대한 재현 및 평가가 주가 되고 있으며, 다양한 시트의 재질, 색상, 패턴 등에 따른 평가 기준 수립은 미흡하다. 한편, 밝은 색상, 배경색과 유사한 패턴, 고내구 방오 미적용, 느슨한 조직 재질이 적용된 시트는 오염에 취약한 것으로 알려져 있다.

현재 사용되고 있는 육안 검사를 통한 시트 오염시험법은 정량화가 필요하다. 시트 정하중 측정 기반 롱텀 컴포트, 시트 벨트 인출 소음과 같은 다양한 시트 성능들에 대해 정량적 평가법이 개발되고 있다.[3,4] 또한, 건물 외벽, 실링재와 같은 다양한 제품 오염 성능에 대해서도 정량화가 수행되고 있다.[5-8] 그러나, 시트 오염 성능은 그레이스케일(Gray scale, G/S) 차트(Fig. 1 참조)를 사용하여 오염 전/후의 명도 차이를 비교하여 1부터 5점까지 육안으로 판별되고 있다. G/S 차트의 5점은 명도 차이가 없음을 나타내고, 1점은 극명한 차이가 있음을 나타낸다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이, G/S 차트상 4.0점 미만으로 보여질 경우 시트 오염 정도에 대해 불합격으로 평가하고 있다.

*A part of this paper was presented at the KSAE 2018 Spring Conference
*Corresponding author, E-mail: x200won@hyundai.com
* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons. org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

Fig. 1 Gray scale (G/S) chart for color difference evaluation

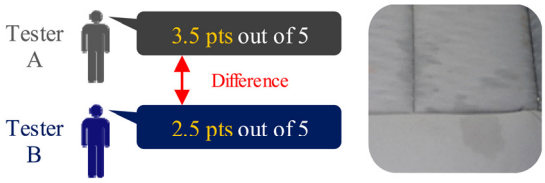

Fig. 2 Intra-tester variability in seat stain evaluation

Fig. 3 Inter-tester variability in seat stain evaluation

그러나, 육안으로 색차를 판별할 경우 Fig. 2와 같이 시험자마다 시력이나 색상 선호도 등에 의해 상이하게 판별(Intra-tester variability)할 수 있고, Fig. 3과 같이 동일한 시험자라도 계절이나 기분에 따라 상이하게 판별(Inter-tester variability)할 수 있어 시트 오염의 정량화 방법 개발과 함께 오염 판별 기준 수립이 요구된다.

본 연구는 시트 오염의 정량화를 위하여 로지스틱(Logistic) 판별 기술을 개발하였다. 먼저, 승하강 자세(Posture), 궤적(Trajectory), 압력(Pressure) 분석을 통해 실제 승하강 모드가 고려된 시트 오염도 장비가 개발하였다. 그리고, 시트 오염 실험을 통해 오염 유의 인자를 파악하여 로지스틱 판별식이 개발되었고 유효성이 검증되었다.

2. 본 론

2.1 시트 오염도 장비 개발

본 연구는 고객 불만 고상 오염 구현을 위하여 실 상황을 고려한 운전자 승하강 모드가 적용된 시트 오염도 장비를 개발하였다(Fig. 4 참조). 개발된 시트 오염도 장비는 운전자 엉덩이/허벅지 형상 더미에 오염포를 씌워 상/하, 좌/우로 조정될 수 있도록 설계되었다. 본 장비를 사용하면 실제 운전자가 승하강 시 청바지 마찰 및 오물 등으로 인해 시트가 오염되는 조건을 구현할 수 있다.

본 연구는 실제 운전자 승하강 모드 개발을 위하여 승

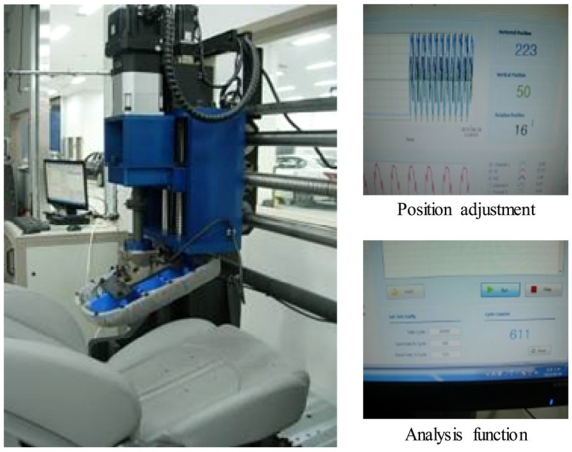

Fig. 4 Seat stain evaluation machine

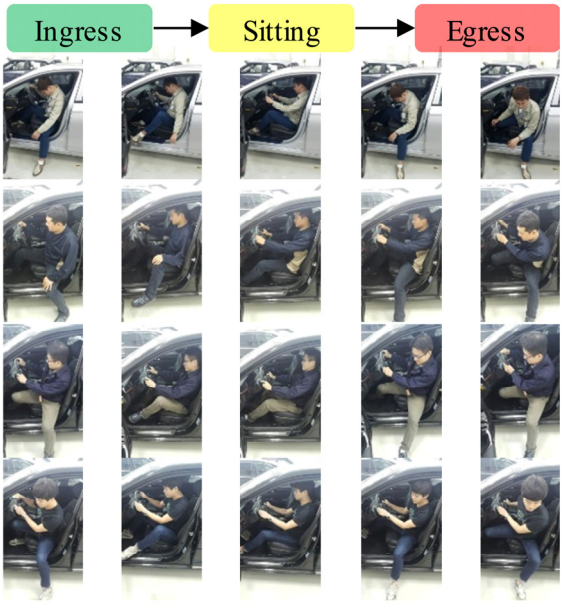

Fig. 5 Analysis of ingress/egress characteristic: Posture

Fig. 6 Analysis of ingress/egress characteristic: Trajectory (HP: hip point)

Weight(kg) = -0.86 + 1.7759 × pressure(psi)

Weight(kg)	10	20	30	40
Pressure(psi)	6.0	11.1	17.6	23.3
Weight(kg)	50	60	70	
Pressure(psi)	29.9	34.7	38.4	

Weight for ingress, sitting, egress

Ingress	Sitting	Egress
33 kgf	63 kgf	40 kgf

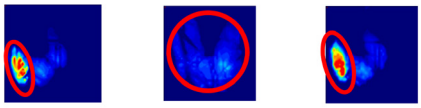

Fig. 7 Analysis of ingress/egress characteristic: Pressure

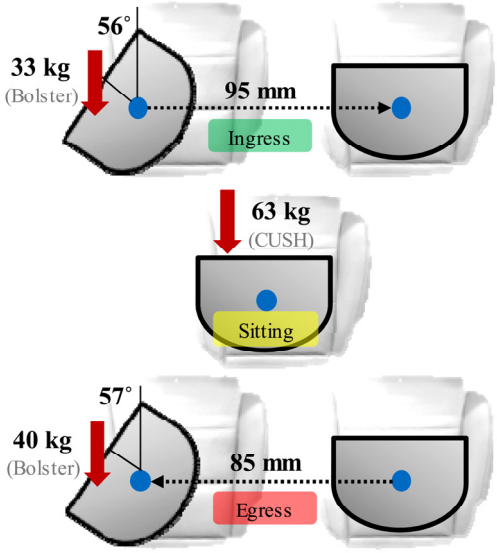

Fig. 8 Ingress/Egress mode for seat stain evaluation machine

하강 자세(Posture), 움직임 궤적(Trajectory), 그리고 압력(Pressure)을 종합적으로 분석하였다. 먼저, 본 연구는 Fig. 5와 같이 인체 크기가 상이한 4명에 대하여 승하강 시 사진을 촬영하여 승강(Ingress), 착좌(Sitting), 그리고 하강(Egress) 시의 자세 유형을 획득한 결과, 모두 유사한 자세를 생성하는 것으로 나타나 평균적인 1가지 대표 모드를 적용하였다. 그리고, Fig. 6과 같이 인체크기가 상이한 10명에 대하여 승하강 시 좌측다리 피봇량 및 힙포인트(Hip point, HP) 궤적에 대해 마커(Marker)를 표시하고 사진 촬영하여 축도법을 적용함으로써 HP 이동거리 및 다리 벌림 각도를 산출하였다. 마지막으로, 승하강 시 시트에 가압되는 무게를 산출하기 위하여 체압 측정 장비(X-sensor)로 승하강 시 체압을 측정한 후, Fig. 7과 같이 원리 시험을 통하여 체압(단위: psi)을 무게(kg)로 변환할 수 있는 회귀식(수정회귀설명력 = 99 %)을 산출함으로써 승강, 착좌, 그리고 하강 각각에 대한 가압 무게를 산출하였다. Fig. 8은 상기 결과를 적용하여 수립된 오염도 장비 승하강 모드를 보여준다.

2.2 시트 오염 정량화 실험

본 연구는 시트 오염 정량화를 위해 가죽 시트 8종과 천 시트 34종을 선정하여 실험하였다. 최대한 다양한 시트의 오염을 판별하기 위하여 다양한 색 특성(L, a, b) 및 패턴을 가진 시트가 선정되었다. 시트 색 특성은 Fig. 9와 같이 Lab 색공간(Lab color space)에서 명도를 나타내는 L, red와 Green 축을 나타내는 a, 그리고 Yellow와 Blue 축을 나타내는 b의 분포를 고려하여 Fig. 10 및 Fig. 11과 같이 가죽과 천 시트 각각이 선정되었다.

오염 정량화 실험은 일반, 데님 오염포(E106, E128)을 사용하여 시트를 주기적으로 문질러 오염시켜가며 G/S

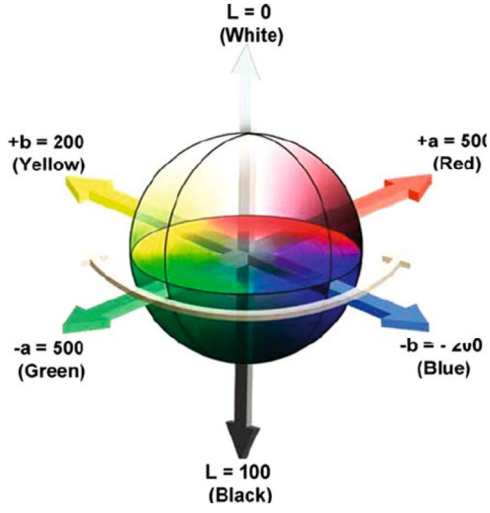

Fig. 9 Lab color space

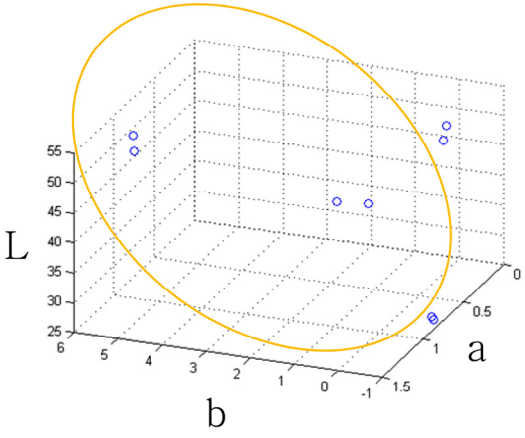

Fig. 10 Color distribution in lab color space: Leather seats (n = 8)

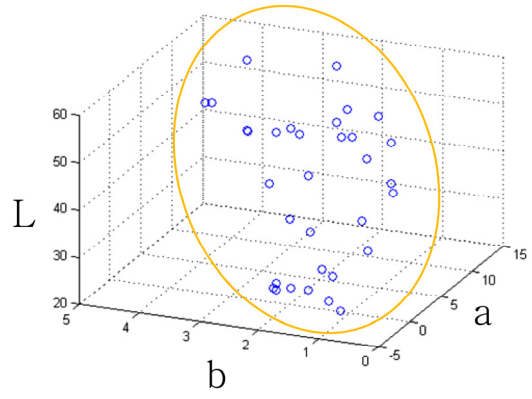

Fig. 11 Color distribution in lab color space: Fabric seats (n = 34)

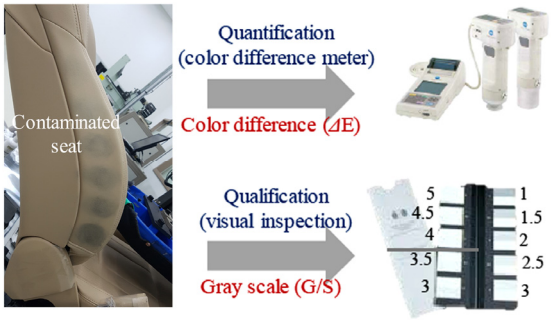

Fig. 12 Experiment method for seat stain quantification

판별 및 색차(ΔE)를 측정하는 방법으로 수행되었다. Fig. 12에 나타낸 바와 같이, G/S는 연구자 2명의 육안 판별 결과로 결정되었으며, 색차는 색차계(Color-difference meter)를 사용하여 측정되었다. 시트 문지름 횟수는 임의(Random)로 결정되었으며, 시트 문지름은 최대로 오염될 때까지 수행되었다.

2.3 시트 오염 정량화 실험

본 연구의 최적 로지스틱(Logistic) 시트 오염 판별식은 판별 중요 구간의 유의성과 전체 오염 판별 성능을 고려하여 선정되었다. 먼저, 본 연구는 서수 로지스틱 회귀(Ordinal Logistic regression) 중 로짓 모형(*logit* model)을 사용하여 초기명도 L, 색차 ΔE, 시트색상, 시트특성(가죽: 펀칭 유무, 천: 패턴유무 및 천 형태), 블랙시트 포함 유무를 고려하여 가죽 32개, 천 64개의 판별식 후보를 개발하였다. 그리고, 오염 판별 중요 구간인 G/S가 4.5, 4.0, 3.5의 판별 계수(coefficient)가 유의한($p < 0.05$) 가죽 28개, 천 40개 판별식을 추출하였다. 마지막으로, 시트 오염 판별 성능인 %concordant가 가장 우수한 가죽과 천의 최적 판별식 1개씩을 각각 선정하였다(Fig. 13, Fig. 14). 예를 들어, Fig. 13은 가죽 시트에 대한 로지스틱 판별식을 나타내며, G/S를 1.5 미만으로 판별할 확률을 구하는 식

Constant / Predictor		Coefficient		z	p
G/S	<1.5	-16.5953	α_1	-14.23	< 0.001
	<2	-12.9424	α_2	-14.35	< 0.001
	<2.5	-10.1603	α_3	-14.23	< 0.001
	<3	-8.37355	α_4	-13.54	< 0.001
	<3.5	-6.53741	α_5	-12.69	< 0.001
	<4	-4.76957	α_6	-10.97	< 0.001
	<4.5	-2.93264	α_7	-7.71	< 0.001
	<5	-0.46668	α_8	-1.3	0.195
$\Delta E(X_1)$		2.54222	β_1	15.42	< 0.001
Contamination(X_2) (Contamination: 1, o/w: 0)		-0.16343	β_2	-0.49	0.622
Color1(X_3) (Beige: 1, o/w: 0)		-1.99863	β_3	-7.1	< 0.001
Color2(X_4) (Black: 1, o/w: 0)		-0.38232	B_4	-0.82	0.412
Punching(X_5) (Punching: 1, o/w: 0)		-0.80981	β_5	-3.37	0.001

< Logistic function for G/S j >

$$\gamma^{(j)} = P(Y \le j) = \frac{\exp[\alpha^{(j)} - (\beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k)]}{1 + \exp[\alpha^{(j)} - (\beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k)]}$$

< Probability at G/S j >

$$P(Y = j) = \gamma^{(j)} - \gamma^{(j-1)}$$

⇒ Select G/S j having the highest probability

Fig. 13 Ordinal Logistic regression logit model for discriminant seat stain: Leather

의 상수(Constant)의 계수(Coefficient)는 -16.5953이며 유의수준 0.05에서 유의함을 나타낸다($z = -14.23$, $p < 0.001$). 또한, 펀칭유무(X_5) 인자(predictor)의 계수(β_5)는 -0.80981이며 유의수준 0.05에서 유의함을 나타낸다($z = -3.37$, $p = 0.001$). 본 로지스틱 판별식은 G/S가 1에서 5까지의 각각의 판정 확률을 계산해주며, 판정 확률이 가장 높은 G/S 값으로 최종 판정한다. 이에 따라, 오염 시험자는 오염된 시트에 대해 색차계로 측정된 색차 측정값을 입력하고, 오염된 시트 특성을 입력하기만 하면 용이하게 시트 오염의 판별 값을 획득할 수 있다. 한편, 가죽의 판별 성능(%concordant)는 95.2 %, 천은 96.7 %인 것으로 나타났다. 3종 시트에 대한 일반(E106)/데님(E128) 오염포 사용 검증 결과, 개발된 판별식과 오염 판별 전문가 판별 결과가 100 % 일치하는 것으로 나타났다. 시트 오염 판정 기준은 판별식으로 도출된 G/S가 4.0점 미만이면 불합격인 것으로 설정되었다.

3. 결 론

1) 시트 오염도 장비 구현을 위한 대표 승하강 자세는 운전자 승하강 자세(Posture), 움직임(Trajectory), 압력

Constant / Predictor		Coefficient		z	p
G/S	<1.5	-25.1756	α_1	-17.32	< 0.001
	<2	-19.8665	α_2	-16.86	< 0.001
	<2.5	-16.5316	α_3	-16.2	< 0.001
	<3	-14.4032	α_4	-15.42	< 0.001
	<3.5	-11.9148	α_5	-14.45	< 0.001
	<4	-9.05379	α_6	-12.66	< 0.001
	<4.5	-5.57428	α_7	-8.86	< 0.001
	<5	-2.19557	α_8	-3.68	< 0.001
$\Delta E(X_1)$		4.63153	β_1	18.47	< 0.001
Contamination(X_2) (Contamination: 1, o/w: 0)		-1.1267	β_2	-4.46	< 0.001
Color1(X_3) (Beige: 1, o/w: 0)		-1.18194	β_3	-4.84	< 0.001
Color2(X_4) (Black: 1, o/w: 0)		-2.91816	B_4	-5.49	< 0.001
Fabric type1(X_5) (Double raschel: 1, o/w: 0)		-1.49267	β_5	-3.2	0.001
Fabric type2(X_6) (Woven: 1, o/w: 0)		-0.75016	B_6	-1.78	0.075
Fabric type3(X_7) (Tricort: 1, o/w: 0)		-0.78764	B_7	-1.58	0.114
Pattern(X_8) (Pattern: 1, o/w: 0)		1.60108	β_8	6.11	< 0.001

< Logistic function for G/S j >

$$\gamma^{(j)} = P(Y \le j) = \frac{\exp[\alpha^{(j)} - (\beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k)]}{1 + \exp[\alpha^{(j)} - (\beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k)]}$$

< Probability at G/S j >

$$P(Y = j) = \gamma^{(j)} - \gamma^{(j-1)}$$

⇒ Select G/S j having the highest probability

Fig. 14 Ordinal Logistic regression logit model for discriminant seat stain: Fabric

(Pressure)의 종합적인 분석을 통하여, 승강(Ingress) 시 33 kg으로 시트 쿠션 좌측 볼스터에 가압 후 56도 우측으로 회전하여 95 mm 엉덩이를 이동 후 시트 중앙에 착좌하고, 하강(Egress) 시 85 mm 엉덩이를 좌측으로 이동한 후 57도 좌측으로 회전하며 40 kg의 가압하는 것으로 설정되었다.

2) 가죽 시트 오염 판별에 유의한 인자는 색차(ΔE), 시트 색상, 그리고 펀칭 유무로 파악되었으며, 천 시트 오염 판별에 유의한 인자는 색차(ΔE), 시트 색상, 천 형태(예: 더블랏셀, 우븐, 트리코트, 니트), 패턴 유무로 파악되었다.

3) 개발된 시트 오염 로지스틱 판별식은 가죽 시트의 경우 95.2 %, 천 시트의 경우 96.7 %의 판별 성능을 나타내고 전문가의 육안 검사 결과와 100 % 일치하는 것으로 분석되어 시트 오염 정량화 시 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

References

1) T. H. Lee, Y. R. Lee, S. M. Choi and I. G. Jeong, “Improvement on Contaminations of Leather Seat,” KSAE Annual Conference Proceedings, pp.2696-2700, 2008.
2) S. M. Choi, H. J. Koo, G. S. Chang, W. W. Jung, B. H. Min and T. H. Lee, “Development of Assessment Method for Simulating the Stains of Automotive Leather Seat Through Analyzing the Stain Accumulation Mechanism,” KSAE08-S0245, pp.1488-1493, 2008.
3) H. K. Park, Y. S. Kim and J. W. Lee, “Quantification of Seat Comfort Feeling Long-term Comfort,” Transactions of KSAE, Vol.22, No.5, pp.1-4, 2014.
4) H. Y. Cho, S. K. Lee, H. S. Kang and J. H. Son, “Development of Seat Belt Pulling Noise Index and Evaluation System Research,” Transactions of KSAE, Vol.23, No.2, pp.185-190, 2015.
5) N. Y. Yang and N. Y. Jee, “The Evaluation of the Stain Resistance Performance on the Joint of Building Exterior Stone,” Architectural Institute of Korea Annual Conference Proceedings, pp.371-374, 2004.
6) H. Miyauchi, M. Kai, K. Ando, Y. J. Kim and A. Kusumi, “A Study on Staining of Substrate by Joint Sealants in the Outdoor Exposure Test,” Architectural Institute of Korea Annual Conference Proceedings, pp.537-538, 2012.
7) C. W. Nam and K. J. In, “Development of Staining Methods for TEM Observation,” The Polymer Society of Korea Conference Proceedings, p.16, 2002.
8) B. H. Lee, M. H. Kwak, Y. S. Kim and S. H. Ahn, “Development of Logistic Regression Models for Evaluation of Seat Stains,” KSAE Spring Conference Proceedings, pp.914-918, 2018.